Pêches et Océans Canada
Fisheries and Oceans Canada

Sciences des écosystèmes et des océans
Ecosystems and Oceans Science

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région du Québec
Réponse des Sciences 2016/033

EFFETS DES ACTIVITÉS DE DRAGAGE SUR LE BÉLUGA DU SAINT-LAURENT ET SON HABITAT

Contexte

Le Programme de protection des pêches de Pêches et Océans Canada reçoit régulièrement des demandes d'examen pour le dragage d'entretien et la disposition en mer des sédiments de dragage pour des quais situés dans l'aire de répartition du béluga de l'estuaire du Saint-Laurent (ESL).

Le présent avis scientifique découle d'une demande déposée par la Direction régionale de la Gestion des Écosystèmes (DRGÉ) auprès de la Direction régionale des Sciences. Cette dernière a produit un avis scientifique en 2002 : Programme décennal de dragage d'entretien au quai de Rivière-du-Loup – Questions relatives aux effets sur le béluga de l'ESL. Comme les connaissances sur le béluga et son niveau de précarité ont évolué depuis 2002, la DRGÉ souhaite vérifier les points suivants :

1. Est-ce que l'avis des Sciences produit en 2002 est toujours valide pour les travaux de dragage d'entretien au quai de Rivière-du-Loup, plus particulièrement pour ce qui touche les impacts identifiés et la mesure d'atténuation proposée, soit :

   Aucun dragage ne devrait être permis durant les mois d'avril, mai et juin. Les travaux devraient débuter au début juillet et se poursuivre de façon intensive (nuit et jour, 7 jours sur 7) de manière à terminer les travaux avant la fin juillet ou au plus tard à la mi-août.

   a. A-t-on de nouvelles connaissances quant aux effets potentiels associés aux projets de dragage (incluant l'immersion en mer des sédiments) sur le béluga?

   b. De nouvelles mesures d'atténuation sont-elles recommandées au site de dragage et d'immersion en mer des sédiments de Rivière-du-Loup?

   c. Si les travaux ont lieu en dehors du pic de présence des ressources alimentaires (avril-juin), est-il préférable de préconiser la réalisation des travaux le plus rapidement possible ou de viser à assurer une période de faible bruit (p. ex. arrêt des travaux la nuit pendant 8 h consécutives) pour favoriser entre autres le repos auditif, la récupération physiologique et augmenter l'efficacité des communications?

2. Cet avis peut-il s'appliquer à tous les projets de dragage et d'immersion des sédiments réalisés dans l'aire de répartition du béluga?

   a. Des mesures différentes devraient-elles s'appliquer pour des travaux de dragage réalisés dans l'aire de répartition par rapport à ceux réalisés dans l'habitat essentiel?

   b. Des mesures différentes devraient-elles s'appliquer pour des travaux de dragage réalisés dans l'aire de répartition (autre que l'habitat essentiel) durant la période de haute fréquentation de l'estuaire (juin à octobre) par rapport à des travaux similaires en dehors de cette période (novembre à mai)?

Le document est structuré de manière à fournir d'abord des données de bases sur l'état actuel de la population de bélugas de l'ESL ainsi que sur sa biologie et son écologie. Étant donné

l'évolution rapide du domaine de recherche relatif aux effets découlant de projets de développement côtiers et extracôtiers sur les mammifères marins, une section revoyant les mécanismes d'effets associés aux activités de dragage et l'ampleur appréhendée de ces effets chez les mammifères marins et les bélugas a été produite. Comme la requête accorde une certaine spécificité à des secteurs de dragage récurrent comme Rivière-du-Loup, une section traitant de ce secteur a également été ajoutée.

La présente réponse des Sciences découle du processus de réponse des Sciences de mai 2016 sur l'Évaluation de l'effet de dragages d'entretien sur le béluga du Saint-Laurent et son habitat.

Renseignements de base

État actuel de la population de bélugas de l'ESL

Il existe au Canada au moins sept populations de bélugas (*Delphinapterus leucas*). Celle occupant l'estuaire du Saint-Laurent est située à la limite de distribution la plus méridionale de cette espèce arctique. Décimée par une chasse excessive, cette population était considérée jusqu'à récemment "menacée" par le Comité sur la Situation des Espèces en Péril au Canada (COSEPAC). Toutefois, des mortalités anormales de jeunes bélugas depuis 2008 ont mené à une réévaluation de l'état de cette population en 2013 (MPO 2014) et à la conclusion qu'après une période de stabilité relative jusqu'au début des années 2000, cette population était depuis en déclin à un taux avoisinant 1 % par année (Mosnier *et al.* 2015). Le déclin de la population qui compterait actuellement environ 900 individus, s'est produit durant une période de changement de la structure des écosystèmes et des conditions environnementales dans le golfe du Saint-Laurent, où les niveaux de certains contaminants (PBDE) étaient élevés chez le béluga, où l'exposition au bruit et au trafic maritime était chronique et accru, et où survenaient des proliférations occasionnelles d'algues toxiques dans l'ESL (MPO 2014). Ces nouvelles informations ont mené en 2014 à une réévaluation du statut de cette population par le COSEPAC qui est depuis considérée "en voie de disparition" au Canada.

La population de béluga de l'ESL apparaît à l'annexe 1 de la *Loi sur les Espèces en Péril au Canada*. Son habitat essentiel a été identifié et il correspond à la zone occupée par les femelles accompagnées de veaux et de juvéniles durant la période de juin à octobre (MPO 2012). Cette zone comprend une portion du fjord du Saguenay jusqu'à la baie Sainte-Marguerite, l'ensemble de l'estuaire moyen situé entre l'Ile-aux-Coudres et l'embouchure du fjord du Saguenay, et les eaux de la portion sud de l'estuaire maritime s'étendant à l'est jusqu'au large de Saint-Fabien-sur-Mer. Le secteur de Rivière-du-Loup, l'un des secteurs concernés par la présente demande d'avis, fait donc partie de l'habitat désigné essentiel pour le béluga de l'ESL.

Analyse et réponse

Cycle reproducteur et saisonnalité de l'alimentation du béluga

Le béluga donne naissance à un seul veau, une fois tous les trois ans, après une période de gestation d'environ 15 mois (voir COSEPAC 2014 pour une revue). Dans le Saint-Laurent, la mise bas débuterait au début juillet pour se poursuivre jusqu'à la mi-août[1], ce qui suggère que

[1] GREMM. 2007. Répartition saisonnière de naissance de bélugas du Saint-Laurent. Rapport non publié présenté à Pêches et Océans Canada, juillet 2007. 8 p. *Non publié*.

l'accouplement aurait lieu en avril ou mai de l'année précédente. À cette période de l'année, les bélugas ont commencé à réintégrer l'ESL (voir Mosnier *et al.* 2010 pour une revue). Le veau accompagne sa mère pour une période dépassant deux ans, et se nourrit exclusivement de lait au moins durant la première année (Brodie 1971; Matthews et Ferguson 2015).

Le béluga supporte les coûts de la lactation en partie à partir de réserves accumulées avant la naissance, mais également en se nourrissant durant la période de lactation (Kastelein 1994). Les données provenant de populations sauvages sont relativement limitées dans le cas du béluga pour documenter l'importance relative des réserves accumulées et l'alimentation post-natale pour subvenir aux besoins énergétiques énormes liés à la lactation. Des données obtenues en captivité montrent une consommation de nourriture qui double durant le dernier trimestre de la gestation, et qui quadruplent durant le premier mois suivant la naissance pour décroitre progressivement ensuite (Kastelein 1994). Dans le Saint-Laurent, cette période d'alimentation intensive de fin de gestation correspondrait à celle de la mi- fin-avril à la mi-fin-juillet, alors que le premier mois serait celle s'étendant de la mi- fin-juillet à la mi- fin-août.

La période printanière semble constituer une période d'alimentation intensive pour le béluga. La littérature, bien que peu abondante, décrit cette période comme celle où les bélugas sont généralement relativement gras (Vladykov 1944; Sergeant et Brodie 1969; Huntington *et al.* 1999; Breton-Honeyman *et al.* sous presse). Dans le Saint-Laurent par exemple, les chasseurs notaient la maigreur des bélugas en hiver, i.e., de novembre à mars, une accumulation de la plupart du gras en mai et juin, et un maintien de cet état durant l'été (Casgrain 1873, cité par Vladykov 1944). Cette période correspond au dernier trimestre de la gestation où les besoins des femelles s'accroissent rapidement. La lactation comporte des coûts énergétiques élevés et une alimentation régulière des femelles durant cette période contribue fort probablement à réduire la vitesse à laquelle elles épuisent leurs réserves énergétiques accumulées avant la naissance.

Régime alimentaire des bélugas

L'information concernant la diète du béluga de l'ESL, son évolution saisonnière et celle de ses besoins énergétiques provient principalement d'une étude effectuée dans les années 1930 dans le secteur des bancs de Manicouagan et de Les Escoumins (Vladykov 1944; 1946). Elle indique une diète globalement variée, et composée de poissons pélagiques et démersaux ainsi que d'invertébrés comme le calmar (*Illex illecebrosus*) et les vers marins (*Nereis virens*). Le capelan (*Mallotus* villosus) est l'espèce prépondérante dans la diète du béluga en juin; il décline progressivement au profit de la morue franche (*Gadus morhua*) et du lançon (*Ammodytes* sp.) au cours de l'été pour être dominée par ce dernier en août et septembre (Vladykov 1946).

Une compilation plus récente des fragments de nourriture retrouvés dans le tractus digestif de bélugas retrouvés morts dans le Saint-Laurent depuis 1982 confirme plusieurs des résultats de Vladykov (1946). Cette étude indique que le béluga consomme du lançon, du hareng (*Clupea harengus*), du capelan et plusieurs poissons de fonds comme la merluche blanche (*Urophycis tenuis*), le sébaste (*Sebastes sp.*) et de la morue franche et ogac (*G. ogac*) (Lesage 2014). Toutefois, la contribution relative de ces espèces à la diète saisonnière du béluga demeure incertaine compte tenu des biais associés à cet échantillon provenant d'animaux souvent malades et dont l'estomac ne comporte que des traces de nourriture. Une estimation indépendante de la diète à partir cette fois des rapports de certains isotopes stables dans les tissus des bélugas et ceux de leurs proies potentielles indique que le lançon pourrait représenter près de 40 % de la diète estivale des femelles du Saint-Laurent (Lesage 2014).

Répartition et utilisation de l'habitat par le béluga de l'ESL

L'aire de répartition du béluga de l'ESL représente une fraction (environ 65 %) de ce qu'elle était historiquement, et est l'une des plus petites décrites chez cette espèce. Le cœur de celle-ci est situé dans l'ESL, mais son étendue varie saisonnièrement. Durant la période de juin à octobre, les aires hautement fréquentées par le béluga ont été cartographiées à l'aide de deux approches indépendantes (Mosnier *et al.* 2016; Lemieux-Lefebvre *et al.* 2012), qui convergent pour décrire un ensemble d'aires utilisées de manière récurrente, et réparties dans le fjord du Saguenay, l'ensemble de l'estuaire moyen et le tiers amont de l'estuaire maritime, du côté nord comme du côté sud (Figure 1). Les données existantes en dehors de la période estivale, bien qu'éparses, suggèrent que les bélugas délaissent l'estuaire moyen à l'automne pour se concentrer dans l'estuaire maritime et le nord-ouest du golfe. La proportion de la population présente en hiver dans l'estuaire demeure toutefois incertaine. Au printemps, la distribution des bélugas serait à son maximum, et s'étendrait minimalement du secteur de l'Ile-aux-Coudres dans l'estuaire moyen, jusqu'au nord-ouest du golfe du Saint-Laurent (voir Mosnier *et al.* 2010 pour une revue).

La fréquentation saisonnière du fjord du Saguenay est peu documentée en dehors de la période estivale, période où des bélugas y sont observés sur une base journalière (Conversano 2013).

Les fonctions associées aux diverses aires de haute fréquentation ne sont pas bien définies. Toutefois, des parallèles avec la répartition de la nourriture suggèrent qu'elles sont vraisemblablement toutes, mais probablement à des degrés divers, utilisées pour s'alimenter (Mosnier *et al.* 2010; Mosnier *et al.* 2016).

Fréquentation saisonnière du secteur de Rivière-du-Loup/Cacouna/Île Verte (RCIV)

Le secteur de Rivière-du-Loup/Cacouna/Île Verte (RCIV) est hautement fréquenté entre juin et octobre, principalement par les troupeaux de femelles béluga accompagnées de jeunes (Michaud 1993; Pesca Environnement 2006; Mosnier *et al.* 2010; Lemieux-Lefebvre *et al.* 2012; Roy et Simard 2015; Mosnier *et al.* 2016). Ce secteur fait partie de l'habitat essentiel qui a été désigné dans le Programme de Rétablissement de cette population (MPO 2012). Des indices d'activité vocale obtenus d'une station d'écoute continue située au large de Cacouna et couvrant une vaste portion du secteur RCIV montrent une présence du béluga dans ce secteur, de jour comme de nuit, durant toute la période d'étude, de juin à octobre 2014 (Roy et Simard 2015). L'activité vocale y était à son maximum en août (Roy et Simard 2015). Des travaux effectués dans la zone avoisinant l'entrée du Saguenay (Simard *et al.* 2010) ainsi que dans le delta du Mackenzie en Arctique (Simard *et al.* 2014) indiquent que cette activité vocale est relativement bien corrélée avec l'abondance des animaux pour le béluga, malgré de possibles variations découlant du type d'activité et de la composition des troupeaux (Sjare et Smith 1986). Des observations visuelles diurnes et discontinues effectuées dans la bande côtière du secteur de Gros-Cacouna durant une année entière en 2004-2005 corroborent ces observations, puisqu'elles indiquaient des taux de fréquentation maximaux et variant entre 40 et 60 % du temps d'observation entre juin et septembre (Pesca Environnement 2006). Combinées, ces données suggèrent une fréquentation soutenue du secteur RCIV par le béluga, au moins pour la période allant de juin à la fin septembre.

Le moment du délaissement du secteur à l'automne et son importance relative au printemps sont incertains, comme c'est le cas pour la plupart des autres secteurs occupés par le béluga. Les quelques données locales disponibles indiquent la présence de l'espèce au moins à partir du mois de mars (Michaud et Chadenet 1990; Boivin et INESL 1990) jusqu'à la fin octobre (Roy et Simard 2015) ou novembre (Pesca Environnement 2006). L'évolution temporelle des nombres durant ces périodes varie selon les sources de données. Par exemple, les indices

dérivés d'observations intensives dans le secteur de l'Ile-aux-Lièvres en mai et juin indiquent une fréquentation soutenue du secteur en mai (Lesage et Kingsley 1995) alors que celles effectuées dans la bande côtière de Gros-Cacouna et basées sur un faible nombre d'heures d'observations (29 h en mai) indiquent une présence du béluga dans cet autre secteur de RCIV durant seulement 2 % du temps d'observation (Pesca Environnement 2006). Ces données suggèrent qu'un indice dérivé d'un secteur restreint peut ne pas refléter la fréquentation de la région beaucoup plus vaste que représente celle de RCIV.

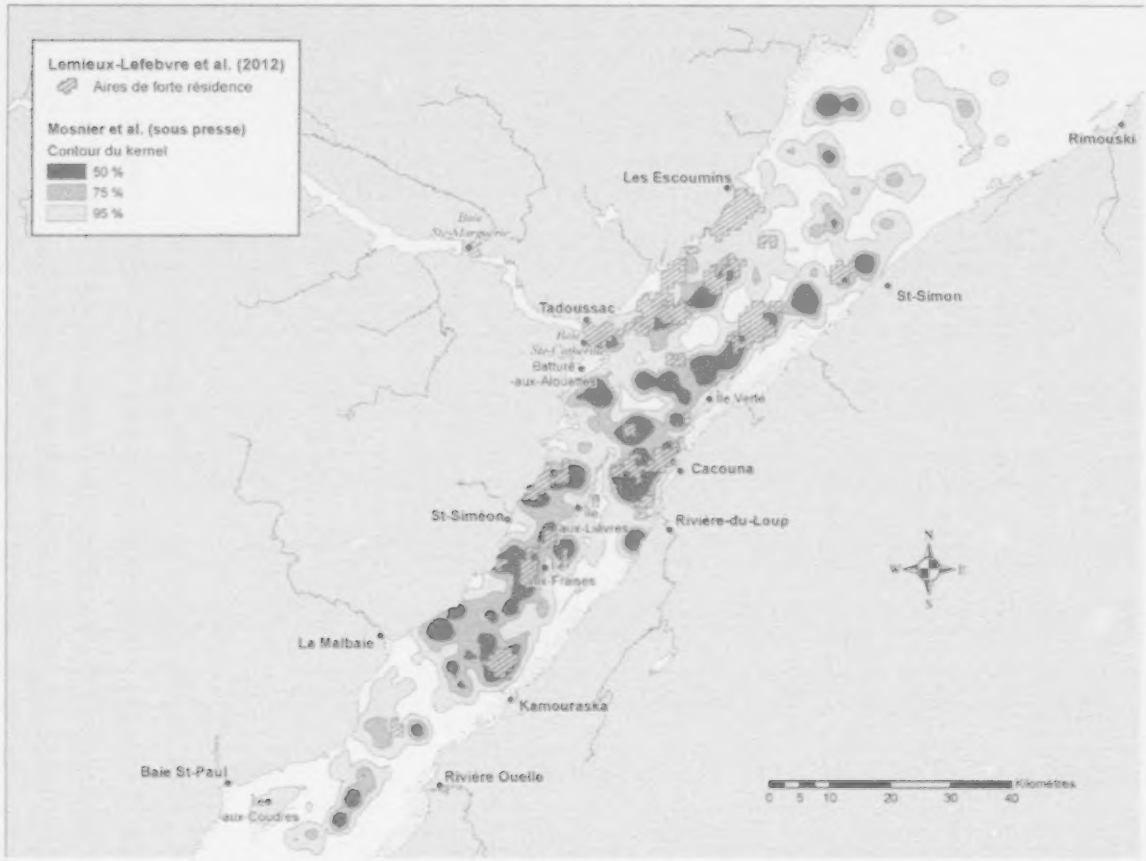

Figure 1. Zones de haute résidence identifiées à partir de suivis longitudinaux de près de 800 troupeaux de bélugas effectués entre 1993 et 2008 (symbole ; Lemieux Lefebvre et al. 2012) et celles contenant respectivement 50, 75 et 95 % de la population de beluga telles que définies par la méthode des kernels appliquée aux résultats de 35 inventaires aériens systématiques effectués en août de 1990 à 2009 (Mosnier et al. 2016). À noter que l'effort d'échantillonnage dans la portion en amont de l'Île aux Fraises était faible dans le cadre de l'étude de Lemieux Lefebvre et al. (2012).

Fonction du secteur de Rivière-du-Loup/Cacouna/Île Verte (RCIV)

La fréquentation du secteur de RCIV par les troupeaux de femelles accompagnées de veaux et de juvéniles suggère que ce secteur sert à l'élevage des jeunes, et possiblement à la mise-bas, bien que ces événements soient très rarement observés, rendant difficile l'association d'un secteur particulier à cette activité spécifique (Mosnier *et al.* 2010). La présence de bélugas au printemps parallèlement à des événements de frai, les comportements de surface observés chez les bélugas ainsi que la présence de multiples traces sur l'échosondeur lors des travaux

réalisés durant l'été dans le secteur de RCIV laissent croire qu'il s'agit également d'un secteur d'alimentation tout au long de l'été (R. Michaud et V. Lesage, données non publiées; S. Lemieux-Lefebvre, thèse de doctorat en préparation).

Une abondance particulièrement notable de lançon dans le secteur situé au large de Rivière-du-Loup a été confirmée par des travaux récents (Mosnier *et al.* 2016). Cette espèce représente probablement l'un des principaux attraits du secteur de RCIV pour le béluga particulièrement en milieu et fin d'été, puisque cette espèce est prédominante à ce moment dans sa diète (Vladykov 1946; Lesage 2014).

Durant la période printanière d'engraissement rapide, le secteur de RCIV apparait comme un secteur d'alimentation particulièrement privilégié. Le capelan, l'éperlan et le hareng, des proies potentielles du béluga de l'ESL (Vladykov 1946; Lesage 2014), fraient entre les mois d'avril et la fin mai dans l'estuaire, avec des sites connus dans le secteur de RCIV :

- Le capelan débute le frai vers la mi-avril, et plus tôt le long de la rive sud (en aval de Rivière-Ouelle) que le long de la rive nord (Parent et Brunel 1976).
- Le frai de l'éperlan survient quant à lui dans les secteurs de Rivière-Ouelle et Kamouraska (riv. Fouquette) vers la fin avril ou le début mai, et est suivi par la dispersion des adultes dans l'estuaire moyen, dans le secteur de RCIV (Ouellet et Dodson 1985a, 1985b).
- Le hareng migre du golfe vers l'estuaire moyen au tout début mai (Gagnon et Leclerc 1981), et frai environ 2 semaines plus tard (Munro *et al.* 1998). Les travaux réalisés par Auger et Powles (1980), Bio-Conseil (1982) et Fortier et Gagné (1990) documentant l'émergence de grandes quantités de larves de hareng dans l'estuaire moyen indiquent une importance de cette espèce au printemps dans cette région. Des évidences suggèrent que le frai survient le lendemain de la première marée de morte-eau de mai. L'éclosion des œufs aurait lieu environ 20 jours plus tard (Munro *et al.* 1998). Une population qui fraie le printemps, et nommée 'la population de l'Île Verte', occupe le secteur RCIV autour de la période du frai qui lui, semble survenir à l'extrémité ouest de l'Île au Lièvres (Munro *et al.* 1998).

Une observation printanière accrue de bélugas dans le secteur du quai de Rivière-du-Loup est un phénomène rapporté de manière récurrente par les opérateurs du traversier (e.g., Vachon *et al.* 2001; ROMM, Rivière-du-Loup, données non publiées).

Munro *et al.* (1998) rapporte avoir détecté le béluga par hydroacoustique à travers des groupes de hareng en frai le long de l'île-aux-Lièvres, située au large de Rivière-du-Loup. Ce rapport anecdotique est corroboré par une étude dénotant pour ce secteur des nombres de 2 à 8 fois plus élevés de bélugas entre les 20 et 31 mai qu'entre les 2 et 12 juin, et avoisinant les 80-100 individus, de même qu'un maintien de ces hautes densités de bélugas tout au long de la journée en mai (Lesage et Kingsley 1995). La présence d'activité de frai et l'abondance de bélugas dans le secteur de l'île-aux-Lièvres en mai et juin semble toutefois varier d'année en année (Bédard *et al.* 1997; Lesage et Kingsley 1995; Munro *et al.* 1998; Société Duvetnor 2001).

Par ailleurs, la concordance d'un changement négatif dans la dynamique de population des bélugas avec la transition vers une période caractérisée par une forte anomalie négative et persistante des biomasses des grands poissons démersaux et du hareng de printemps de la zone 4T de l'OPANO, soupçonnés d'alimenter l'estuaire, soutient l'hypothèse d'une certaine importance du hareng de printemps dans l'alimentation du béluga de l'ESL (Plourde *et al.* 2014).

Ampleur et mécanismes d'effets des activités de dragage

Les activités de dragage peuvent affecter les mammifères marins, incluant les bélugas de diverses manières (MPO 2010; Todd *et al.* 2015). Le retrait de sédiments pourrait, en plus de remettre en suspension des contaminants, modifier la structure du fond et ainsi entrainer des répercussions sur la structure des communautés et de l'habitat. L'immersion des sédiments pourrait également modifier la structure du fond en détruisant par recouvrement ("capping") les communautés existantes. Le bruit généré par la machinerie durant les opérations pourrait affecter le béluga directement en dégradant son environnement acoustique et en perturbant son comportement normal, ou indirectement en affectant celui de ses proies, les rendant possiblement moins disponibles. La présence des plateformes, barges et navires de remorquage pourraient augmenter le risque de collision. Toutefois, ce dernier est jugé faible étant donné la faible vitesse de déplacement des embarcations lors des opérations de dragage à l'exception de celles servant aux transports des travailleurs (Todd *et al.* 2015).

Dans le contexte d'une perturbation du benthos par extraction ou immersion de sédiments, les proies susceptibles d'être affectées comprennent particulièrement le lançon puisqu'il semble abondant dans les secteurs de fond meuble (Mosnier *et al.* 2016). D'autres proies du béluga comme le hareng, le capelan, et l'éperlan sont également d'intérêt dans le contexte des effets des activités de dragage puisqu'elles sont toutes susceptibles de se retrouver dans le secteur de RCIV au printemps du moins, pour le frai sur des fonds particuliers, ainsi que dans d'autres secteurs de l'estuaire et de l'habitat essentiel du béluga (Marchand *et al.* 1999; Simard *et al.* 2002).

Perturbation des sédiments

Selon Morton (1977), le dragage et le dépôt des déblais de dragage peuvent avoir un impact négatif important sur les communautés benthiques en raison de l'immobilité relative de la plupart d'entre eux. Le dragage agit de trois manières directes sur les sédiments et les ressources biologiques connexes, soit 1) en éliminant, sur les sites de dragage, les sédiments et les communautés biologiques associées, 2) en ajoutant des sédiments, enterrant ainsi les communautés biologiques sur les sites de dépôt qui ne sont pas susceptibles de survivre (Hendrick *et al.* 2016), et 3) en remettant en suspension des sédiments aux deux sites (dragage et dépôt).

En règle générale (e.g., Newell *et al.* 1998), plus les sédiments qui sont enlevés sont fins, plus les communautés benthiques qui y vivent se rétablissent rapidement. Cela s'explique par le fait que les sédiments fins sont souvent perturbés et que les communautés associées à ces sédiments sont bien adaptées à ces perturbations périodiques et montrent une colonisation et une dispersion rapide. Ainsi, les boues marines peuvent être recolonisées assez rapidement par des espèces errantes, y compris les polychètes Néréide, suite à des impacts de dragage (c.-à-d. semaines au mois, McCauley *et al.* 1977). En revanche, les communautés des zones avec du sable et des sédiments plus grossiers peuvent prendre des années, voire des décennies, à se rétablir. Par exemple, Harvey *et al.* (1998) suggèrent que les sites de dépôt de sable à L'Anse-à-Beaufils, au Québec, prendraient plus de 2 ans pour récupérer. En outre, le dragage peut enlever les sédiments plus fins en surface, laissant derrière les sédiments plus grossiers et moins facilement colonisables localement.

Le dragage peut également modifier l'hydrodynamisme des courants de telle sorte qu'une diminution de la vitesse du courant peut augmenter la déposition de sédiments boueux sur ceux sableux (Kaplan *et al.* 1975). Ces deux situations peuvent de surcroit, affecter la disponibilité des invertébrés benthiques pour les bélugas. Les modifications de l'environnement benthique physique causées par le dragage et par le dépôt des déblais de dragage peuvent donc affecter

indirectement les cétacés. Par exemple, Allen *et al.* (2001) suggèrent que les grands dauphins (*Tursiops truncatus*) peuvent utiliser des caractéristiques structurelles, comme des canaux de dragage ou les îles de déblais de dragage, afin d'améliorer la capture de leurs proies.

Des effets indirects du dragage peuvent également se produire par le biais d'une augmentation de la turbidité liée à la remise en suspension de sédiments dragués et de la déposition des sédiments dans les zones de rejet en mer. Par exemple, McCauley *et al.* (1977) suggèrent que les communautés benthiques qui sont adjacentes aux zones de dragage sont également affectées par les activités de dragage, et ce, par la sédimentation des sédiments remis en suspension. En outre, les sédiments contaminés remis en suspension réduisent considérablement le recrutement de certains filtreurs sessiles épifauniques (Knott *et al.* 2009), soulignant de possibles effets indirects imprévus sur les communautés benthiques. De même, les sédiments contaminés qui sont remis en suspension peuvent également diminuer la qualité des animaux filtreurs et des autres organismes benthiques qui ingèrent ou qui assimilent des éléments toxiques dans ces sédiments. Ces éléments toxiques peuvent aussi avoir des effets inconnus aux niveaux supérieurs de la chaîne trophique.

Compte tenu que les bélugas, comme d'autres mammifères marins (cf. Todd *et al.* 2015), naviguent ou détectent leurs proies ou congénères principalement en utilisant l'écoute passive ou les sons émis (Richardson *et al.* 1995; Southall *et al.* 2007), ils semblent peu vulnérables à des effets directs d'une hausse subite de la turbidité de l'eau.

Un changement de turbidité de l'eau pourrait par contre affecter le béluga de manière indirecte et à court terme en affectant la distribution de ses proies qui, par exemple, pourraient éviter les zones à forts niveaux de matières en suspension en raison d'effets sur leurs capacités visuelles. Des effets indirects à plus long terme peuvent également se manifester chez le béluga si, par exemple, les activités de dragage affectaient la disponibilité locale de leurs proies en réduisant la capacité de celles-ci à frayer, ou en affectant la survie des œufs ou des larves. Une évaluation de l'effet d'une augmentation de la turbidité locale sur le patron d'agrégation ou de déplacement des proies, ou encore sur le frai et la survie des œufs ou des larves pourraient probablement être plus instructive quant aux effets possibles du dragage sur le béluga.

Bruit

Le bruit que génère une activité anthropique comme le dragage peut affecter le béluga en entravant son comportement normal (NRC 2005; Southall *et al.* 2007; Clark *et al.* 2009; Ellison *et al.* 2012). Comme les niveaux des sources de bruit associées au dragage sont relativement élevés et couvrent une large bande de fréquences (de Jong *et al.* 2010, Robinson *et al.* 2011, Reine *et al.* 2014), incluant la bande principale utilisée par les bélugas pour la communication (e.g., Sjare et Smith 1986; Roy et Simard 2015, Le Bot *et al.* sous presse), et que le bruit se propage efficacement dans l'eau, les activités de dragage peuvent être perçues par les bélugas sur des distances de plusieurs kilomètres. Bien que des dommages à l'appareil auditif des bélugas par les sons émanant du dragage soient exclus des effets possibles ou probables, à cause de leur niveau et leur nature non-impulsive (Southall *et al.* 2007), il en est autrement pour les effets comportementaux qui sont probables dans le cadre de ce type d'activité. Les effets directs et indirects du bruit peuvent se manifester de différentes manières chez les mammifères marins, allant d'une désertion complète d'un secteur pour des périodes plus ou moins prolongées, à des effets plus difficiles à détecter tels que des perturbations plus ou moins notables des patrons de plongées ou de ventilations, de la vitesse ou la direction de nage, de la cohésion des troupeaux ou de l'efficacité des bélugas à communiquer, à naviguer, à chasser leurs proies ou détecter des prédateurs ou des menaces (Richardson *et al.* 1995; Southall *et al.*

2007; Clark *et al.* 2009; Nowacek 2007; Ellison *et al.* 2012; Pirotta *et al.* 2012; 2013; 2015; Todd *et al.* 2015).

Bien sûr, l'ampleur des effets sur les individus et ultimement sur les populations est étroitement liée à la durée de la perturbation du comportement normal (e.g., King *et al.* 2015), et à la motivation des individus à continuer de fréquenter le secteur insonifié, en raison de son importance pour compléter leurs fonctions vitales (Ellison *et al.* 2012; Pirotta *et al.* 2013). L'existence à proximité d'habitat de qualité équivalente et en quantité suffisante peut rendre l'évitement du secteur d'activité négligeable sur la santé des individus. En contrepartie, l'absence d'évitement ne signifie pas nécessairement une absence d'effets (Gill *et al.* 2001); une persistance à fréquenter un secteur insonifié par nécessité peut avoir des effets physiologique délétères à travers le stress causé (Wright *et al.* 2007; Rolland *et al.* 2012) ou en réduisant l'efficacité de l'alimentation (e.g., Aguilar Soto 2006; Pirotta *et al.* 2012; 2015) ou des communications (e.g., Clark *et al.* 2009; Hatch *et al.* 2012; Gervaise *et al.* 2012) si elles sont cruciales pour des fonctions vitales comme l'alimentation, la reproduction ou le maintien du lien social (e.g., mère-veau).

Parmi les paramètres permettant d'estimer les effets probables d'une activité (King *et al.* 2015), on compte : la durée totale des opérations envisagées, l'existence d'opportunités pour les animaux de regagner les aires insonifiées, le temps qui leur est nécessaire suite à un effarouchement pour y retourner, l'importance relative de la période et du secteur visés par les activités pour les fonctions vitales, et les seuils au-delà desquels celles-ci sont compromises.

Une activité peut également mener à des effets de plus longue durée tel l'abandon complet d'une région. En général, les activités donnant lieu à de telles réactions entraînent des changements profonds et durables d'un habitat. Par exemple, le délaissement de la baie de Tadoussac et des bancs de Manicouagan par les bélugas du Saint-Laurent pourraient avoir résulté d'un changement de la qualité de ces habitats (une augmentation de la circulation batelière pour Tadoussac, et l'altération de propriétés physico-chimiques et biologiques, i.e. la disponibilité de proies, suite au harnachement de la rivière pour Manicouagan) (Pippard 1985; Caron et Sergeant 1988; voir aussi Lesage et Kingsley 1998). Un délaissement complet d'une aire régulièrement fréquentée, suite à des activités de dragage et à une augmentation du trafic maritime, a été observé chez les baleines grises du Pacifique (Bryant *et al.* 1984).

Conclusions

L'évaluation des effets possibles d'activités de dragage devrait s'effectuer dans la perspective des considérations suivantes :

- Les deux fonctions vitales pouvant être affectées par les activités de dragage sont l'alimentation (pour toutes les classes d'âge) et la mise-bas et l'élevage des jeunes dans le cas des femelles. Les mécanismes d'impacts les plus préoccupants et les plus probables sont la perturbation du comportement normal du béluga à travers le bruit généré, et la modification de la disponibilité locale des proies à travers la perturbation du sédiment. Il est très peu probable que les bélugas souffrent de risques de collision ou de dommage auditifs suite à des opérations de dragage ou d'immersion de sédiments, peu importe l'endroit dans son aire de répartition.
- La période printanière, d'avril à juin, qui constitue une période d'engraissement pour les bélugas de toutes les classes d'âge, est probablement cruciale dans le cycle vital des bélugas de tous âges, et particulièrement celui des femelles gestantes qui devront supporter les coûts élevés de la lactation au cours des mois suivants. La période estivale est une période d'alimentation régulière sur des ressources abondantes pour l'ensemble des

classes d'âge et de sexe. Selon les données disponibles, il n'existe pas de creux particulier durant la période d'avril à septembre pour l'alimentation.

- Les zones de concentration ou de haute résidence, identifiées à la figure 1, servent fort probablement, mais à des degrés divers, à l'alimentation. Le secteur de RCIV semble particulièrement privilégié pour l'alimentation printanière, et comporte également une zone d'abondance remarquable de lançon, une espèce qui semble constituer le fondement de l'alimentation des bélugas de ce secteur plus tard en été.
- La période d'avril et mai est également la période où se produit l'accouplement; celui-ci dépend probablement grandement de la capacité à communiquer et écouter efficacement sur des distances de plusieurs kilomètres.
- La mise-bas a lieu à partir du début juillet et s'étend jusqu'à la mi-août. Durant cette période et les mois suivants, les femelles sont donc accompagnées de jeunes qui ont de la difficulté à nager; les risques de séparation ou la contrainte de maintenir ce lien peut causer des stress particuliers pour les paires femelle-veau.

L'importance relative des deux mécanismes d'impact (e.g., effets du bruit sur les bélugas, et de la re-suspension de sédiments sur la disponibilité des proies) dans l'évaluation globale des problématiques liées aux activités de dragage varieront selon les secteurs et en fonction de la topographie locale, la structure des masses d'eau, le type de fond du secteur environnant, la proximité des aires de fréquentation des bélugas (Figure 1), et le type de troupeaux les fréquentant.

Il existe également un risque d'augmenter la contamination des bélugas par re-mobilisation de contaminants et leur ingestion par les proies des bélugas. L'ampleur de ce problème potentiel dépend de l'importance des espèces benthiques et épibenthiques dans l'alimentation du béluga, leur niveau de contamination, et le niveau de contamination des sédiments. Il demeure difficile d'évaluer ces risques.

Dragage dans le secteur de RCIV

Des travaux de dragage et d'immersion de sédiments, s'ils étaient réalisés dans le secteur de RCIV ou dans tout autre secteur de l'habitat essentiel du béluga, risqueraient d'affecter principalement le segment le plus vulnérable de la population, soit les femelles accompagnées de veaux et de juvéniles. Les fonctions perturbées comprendraient vraisemblablement l'alimentation, mais aussi celles liées à la mise bas et l'élevage des jeunes. Les proies risquant d'être affectées pour le secteur de RCIV comprennent le hareng, le lançon, le capelan et l'éperlan ainsi que des espèces benthiques et démersales. Pour les autres secteurs, nos connaissances sont actuellement trop fragmentaires quant à la distribution de ces proies pour dresser un portrait complet de chaque ressource potentiellement affectée dans chacun des secteurs dans le contexte du présent avis.

Dans le précédent avis, il était recommandé de n'effectuer aucuns travaux durant les mois d'avril, mai et juin et de s'assurer que les travaux soient complétés avant la fin juillet ou au plus tard à la mi-août. Ces recommandations étaient spécifiques au secteur de RCIV et résultaient d'une confrontation des risques d'effectuer des travaux de dragages récurrent durant une période cruciale d'engraissement rapide dans un secteur connu pour supporter plusieurs espèces en frai, par rapport à ceux de les effectuer durant la période de mise bas dans un secteur où les données relatives au degré de fréquentation estivale du secteur étaient encore relativement fragmentaires. Or, les données acquises depuis l'avis de 2002 indiquent que le

secteur de RCIV est utilisé par les bélugas de manière soutenue, autant de jour que de nuit, durant la période estivale, possiblement à cause de l'abondance de lançons qu'on y retrouve.

Les nouvelles données rendent donc encore plus difficile la confrontation des risques associés aux travaux de dragage dans le secteur de RCIV, et considérant l'importance de ce secteur pour le béluga, son statut actuel et la tendance de la population, il serait grandement souhaitable d'y effectuer les travaux de dragage en dehors de la période de fréquentation intensive, i.e., avril à la fin septembre.

S'il s'avérait impossible d'effectuer les travaux de dragage hors de la période sensible, il est recommandé d'évaluer la nécessité de prévoir des périodes de quiétude en fonction de la durée prévue des travaux. Les données acquises démontrent que les bélugas fréquentent le secteur de RCIV autant de jour que de nuit, bien que d'autres facteurs puissent également régir leur fréquentation ou leurs activités (e.g., heure, marée). Par conséquent, à moins que les travaux soient de courte durée (quelques jours), il est recommandé de prévoir des périodes d'inactivité et de les alterner afin qu'elles ne surviennent pas toujours aux mêmes moments.

Mesures d'atténuation recommandées selon les secteurs d'activité

À la lumière des nouvelles informations disponibles et des questions spécifiques posées par la DGRÉ, nous concluons que :

1. Pour tous les secteurs où des travaux sont prévus dans ou près des aires d'alimentation (Figure 1), l'évitement de tout travaux durant la période printanière d'engraissement devraient prévaloir peu importe si les aires de dragage se situent dans l'habitat essentiel ou non.
2. Pour tous les secteurs où des activités de dragage sont prévues près des aires d'alimentation ou dans le cas où ceux-ci se situent dans des endroits permettant au béluga d'accéder à des aires d'alimentation (l'embouchure du Saguenay par exemple), une analyse des risques de bruit, d'entraves à la libre circulation des bélugas et de modifications du comportement de leurs proies devrait faire l'objet d'un examen. Il est recommandé d'examiner la topographie locale et la configuration de la côte pour déterminer les risques relatifs associés au bruit et à la levée de sédiments. Dans le cas où la levée de sédiments risque peu de perturber la ressource alimentaire (comme c'est probablement le cas par exemple à l'embouchure du Saguenay), il est recommandé d'effectuer les travaux de manière à ne pas perturber la période de mise-bas. Dans le cas où il est probable que la ressource alimentaire soit perturbée, il est recommandé de repousser les travaux de dragage hors de la période sensible, soit après septembre.
3. Dans le cas où aucune aire d'alimentation n'est à proximité, il est recommandé pour les travaux réalisés dans l'habitat essentiel, de les effectuer avant la période de mise bas, ou encore après septembre. Dans le cas où les travaux sont effectués hors de l'habitat essentiel, les contraintes précédemment énoncées peuvent être relâchées.
4. Dans tous les cas où des travaux sont prévus près des zones identifiées à la figure 1, il est recommandé d'évaluer la nécessité de prévoir des périodes de quiétude, particulièrement si les travaux devaient se réaliser sur plusieurs semaines.
5. Dans l'optique de minimiser les impacts potentiels sur le béluga, préconiser un dépôt terrestre des sédiments serait souhaitable. De cette manière, les pertes d'habitat par recouvrement seraient éliminées. Toutefois, un dépôt terrestre n'éliminerait ou ne réduirait pas les pertes potentielles d'habitats au site de dragage, ni la perturbation vraisemblable

des ressources alimentaires des bélugas ou de la distribution des bélugas par l'augmentation du niveau de matières en suspension.

Collaborateurs

Nom	Affiliation
Cyr, Charley	MPO, Sciences, Région du Québec - Éditeur
Gosselin, Jean-François	MPO, Sciences, Région du Québec
Hammill, Mike	MPO, Sciences, Région du Québec
Lesage, Véronique	MPO, Sciences, Région du Québec – Auteure principale
McKindsey, Christopher	MPO, Sciences, Région du Québec – Co-auteur
Simard, Yvan	MPO, Sciences, Région du Québec – Co-auteur

Approuvé par

Yves de Lafontaine
Directeur régional, Sciences
Région du Québec
Pêches et Océans Canada

Date : 13 mai 2016

Références

Aguilar Soto, N., Johnson, M., Madsen, P.T., Tyack, P.L., Bocconcelli, A., Borsani, J.F. 2006. Does intense ship noise disrupt foraging in deep diving Cuvier's beaked whales (*Ziphius cavirostris*)? Mar. Mamm. Sci. 22: 690-699.

Allen, M.C., Read, A.J., Gaudet, J., Sayigh, L.S. 2001. Fine-scale habitat selection of foraging bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* near Clearwater, Florida. Mar. Ecol. Prog. Ser. 222: 253-264.

Auger, F., Powles, H. 1980. Estimation of the herring spawning biomass near Isle Verte in the St. Lawrence estuary from an intensive larval survey in 1979. DFO CAFSAC working paper 1980/12: 31 p.

Bédard, J., Nadeau, A., Savard, J.P.L., Kingsley, M.C.S. 1997. La passe de l'île aux lièvres : importance stratégique pour la faune marine de l'estuaire. Série de rapp. tech. no 283, Service canadien de la faune, région du Québec : x + 86 p.

Bio-conseil Inc. 1982. Évaluation des frayères de hareng (*Clupea harengus L.)* sur la rive sud du Saint-Laurent. Rapport manuscrit soumis au Ministère des Pêches et Océans du Canada, Division des sciences halieutiques, mars 1982: 64 p.

Boivin, Y. et INESL. 1990. Survols aériens pour l'estimation de la distribution saisonnière et des déplacements des bélugas. Rapport non publié préparé par INESL, Montréal, Québec. 91 p. Disponible à: Institut National d'Écotoxicologie du Saint-Laurent, 5040 Mentana, Montreal, QC, CAN. H2J 3C3.

Breton-Honeyman, K., Hammill, M., Furgal, C., Hickie, B. 2016. Inuit knowledge of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) foraging ecology in Nunavik (Arctic Quebec), Canada. Can. J. Zool. Sous presse.

Brodie, P.F. 1971. A reconsideration of aspects of growth, reproduction and behaviour of the white whale (*Delphinapterus leucas*), with reference to the Cumberland Sound, Baffin Island, population. J. Fish. Res. Bd Can. 28: 1309-1318.

Bryant, P.J., Lafferty, C.M., Lafferty, S.K. 1984. Reoccupation of Laguna Guerrero Negro, Baja California, Mexico, by gray whales. pp. 375-387 Dans Jones, M.L., Swartz, S.L., Leatherwood, S. Éd. The gray whale *Eschrichtius robustus*. Academic Press, Orlando, FL. 600 p.

Caron, L., Sergeant, D.E. 1988. Yearly variation in the frequency of passage of beluga whales, *Delphinapterus leucas*, at the mouth of the Saguenay river, Quebec, over the past decade. Natur. can. (Rev. Ecol. Syst.) 115: 111-116.

Clark, C., Ellison, W.T., Southall, B.L., Hatch, L., Van Parij, S., Frankel, A.S., Ponirakis, D. 2009. Acoustic masking in marine ecosystems: intuitions, analysis, and implication. Mar. Ecol. Prog. Ser. 395: 201-222.

Conversano, M. 2013. Utilisation d'un habitat particulier par le béluga (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent: fréquentation interannuelle, saisonnière, circadienne et tidale de l'embouchure du Saguenay. Thèse M.Sc. ISMER, Université du Québec à Rimouski. xxx + 191 p.

COSEWIC. 2014. COSEWIC assessment and status report on the Beluga Whale *Delphinapterus leucas*, St. Lawrence Estuary population, in Canada. Committee on the Status of Endangered Wildlife in Canada. Ottawa. xii + 64 pp.

De Jong, C., Ainslie, M., Dreschler, J., Jansen, E., Heemskerk, E., Groen, W. 2010. Underwater noise of trailing suction hopper dredgers at Maasvlakte 2: Analysis of source level and background noise. TNO report TNO-DV-2010 C335, The Hague, The Netherlands.

Ellison, W.T., Southall, B.L., Clark, C.W., Frankel, A.S. 2012. A new context-based approach to assess marine mammal behavioral responses to anthropogenic sounds. Conserv. Biol. 26: 21-28.

Fortier, L., Gagné, J. 1990. Larval herring (*Clupea harengus*) dispersion, growth, and survival in the St. Lawrence estuary: match/mismatch or membership/vagrancy. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47: 1898-1912.

Gagnon, M., Leclerc, J. 1981. Estimation de la biomasse de la population de hareng de printemps de l'Isle Verte par échosondage. Préparé par Bio-Conseil Inc. pour le Ministère des Pêches et des Océans du Canada, Région du Québec. 26 p.

Gervaise, C., Simard, Y., Roy, N., Kinda, B., Ménard, N. 2012. Shipping noise in whale habitat: characteristics, sources, budget, and impact on belugas in Saguenay - St. Lawrence Marine Park hub. J. Acoust. Soc. Am. 132: 76-89.

Gill, J.A., Norris, K., Sutherland, W.J. 2001. Why behaviour responses may not reflect the population consequences of human disturbance. Biol. Conserv. 97: 265-268.

Harvey, M., Gauthier, D., Munro, J. 1998. Temporal changes in the composition and abundance of the macro- benthic invertebrate communities at dredged material disposal sites in the Anse à Beaufils, baie des Chaleurs, eastern Canada. Mar. Poll. Bull. 36: 41-55.

Hatch, L.T., Clark, C.W., Van Parijs, S.M., Frankel, A.S., Ponirakis, D.W. 2012. Quantifying loss of acoustic communication space for right whales in and around a U.S. national marine sanctuary. Conserv. Biol. 26: 983-994.

Hendrick, V.J., Hutchison, Z.L., Last, K.S. 2016. Sediment burial intolerance of marine macroinvertebrates. PLoS ONE 11: e0149114.

Huntington, H.P., and THE COMMUNITIES OF BUCKLAND, ELIM, KOYUK, POINT LAY AND SHAKTOOLIK. 1999. Traditional knowledge of the ecology of beluga whales (*Delphinapterus leucas*) in the eastern Chukchi and northern Bering seas, Alaska. Arctic 52: 49-61.

Kaplan, E.H., Welker, J.R., Kraus, M.G., McCourt, S. 1975. Some factors affecting the colonization of a dredged channel. Mar. Biol. 32: 193-204. doi: 10.1007/bf00388512

Kastelein, R.A., Ford, J., Berghout, E., Wiepkema, P.R., van Boxsel, M. 1994. Food consumption, growth and reproduction of beluga (*Delphinapterus leucas*) in human care. Aquat. Mamm. 20: 81-97.

King, S.L., Schick, R.S., Donovan, C., Booth, C.G., Burgman, M., Thomas, L., Harwood, J. 2015. An interim framework for assessing the population consequences of disturbance. Methods Ecol. Evol. doi: 10.1111/2041-210X.12411.

Knott, N.A., Aulbury, J.P., Brown, T.H., Johnston, E.L. 2009. Contemporary ecological threats from historical pollution sources: impacts of large-scale resuspension of contaminated sediments on sessile invertebrate recruitment. J. Anim. Ecol. 46: 770-781. doi: 10.1111/j.1365-2664.2009.01679.x

Le Bot, O., Simard, Y., Roy, N., Mars, J.I., Gervaise, C. 2016. Whistle source levels of free-ranging beluga whales in Saguenay-St.Lawrence marine park. J. Acoust. Soc. Am. 140. Doi: 10.1121/1.4955115

Lemieux-Lefebvre, S., Michaud, R., Lesage, V., Berteaux, D. 2012. Identifying high residency areas of the threatened St. Lawrence beluga whale from fine-scale movements of individuals and coarse-scale movements of herds. Mar. Ecol. Prog. Ser. 450: 243-257

Lesage, V. 2014. Trends in the trophic ecology of St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*) over the period 1988-2012, based on stable isotope analysis. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/126. iv + 26 p.

Lesage, V., Kingsley, M.C.S. 1995. Bilan des connaissances de la population de bélugas (*Delphinapterus leucas*) du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2041: vii + 44 p.

Lesage, V., Kingsley, M.C.S. 1998. Updated status of the St. Lawrence population of the beluga, *Delphinapterus leucas*. Can. Fld-Nat. 112: 98-114.

Marchand, C., Simard, Y., Gratton, Y. 1999. Concentration of capelin in tidal upwelling fronts at the head of the Laurentian Channel in the St. Lawrence estuary. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 56: 1832-1848.

Matthews, C.J.D., Ferguson, S.H. 2015. Weaning age variation in beluga whales (*Delphinapterus leucas*). J. Mammal. 96: 425-437.

McCauley, J.E., Parr, R.A., Hancock, D.R. 1977. Benthic infauna and maintenance dredging: a case study. Wat. Res. 11: 233-242.

Michaud, R. 1993. Distribution estivale du béluga du Saint-Laurent, synthèse 1986 à 1992. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 1906: vi + 28 p.

Michaud, R., Chadenet, V. 1990. Estimation de la distribution saisonnière et des déplacements des bélugas du Saint-Laurent. Rapport préparé par l'Institut national d'écotoxicologie du Saint-Laurent (INESL) pour Pêches et Océans Canada, Région du Québec. 91 p.

Morton, J.W. 1977. Ecological effects of dredging and dredge spoil disposal: a literature review. US Fish and Wildlife Service Technical Papers 94: 1-33.

Mosnier, A., Lesage, V., Gosselin, J.-F., Lemieux Lefebvre, S., Hammill, M. O., Doniol-Valcroze, T. 2010. Information relevant to the documentation of habitat use by St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*), and quantification of habitat quality. DFO Can. Sci. Advis. Sec., Res. Doc. 2009/098. iv + 35 p.

Mosnier, A., Doniol-Valcroze, T., Gosselin, J.-F., Lesage, V., Measures, L.M., Hammill, M.O. 2015. Insights into processes of population decline using an integrated population model: the case of the St. Lawrence beluga (*Delphinapterus leucas*). Ecol. Model. 314: 15-31.

Mosnier, A., Larocque, R., Lebeuf, M., Gosselin, J.-F., Dubé, S., Lapointe, V., Lesage, V., Lefaivre, D., Senneville, S., Chion, C. 2016. Définition et caractérisation de l'habitat du béluga du Saint-Laurent selon une approche écosystémique. Secr. can. de consult. sci. du MPO. Doc. de rech. 2016/052. vi + 93 p.

MPO. 2010. Mécanismes d'effet du dragage. consulté le 19 avril 2016).

MPO. 2012. Programme de rétablissement du béluga (*Delphinapterus leucas*), population de l'estuaire du Saint-Laurent au Canada, Série de Programmes de rétablissement de la Loi sur les espèces en péril, Pêches et Océans Canada, Ottawa, xi + 93 p.

MPO. 2014. État de la population de beluga (*Delphinaterus leucas*) de l'estuaire du Saint-Laurent. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2013/076.

Munro, J., Gauthier, D., Gagné, J.A. 1998. Description d'une frayère de hareng (*Clupea harengus L.*) à l'Île aux Lièvres, dans l'estuaire moyen du Saint-Laurent. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 2239: 34 p.

Newell, R.C., Seiderer, L.J., Hitchcock, D.R. 1998. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev. 36: 127-178.

Nowacek, D.P., Thorne, L.H., Johnston, D.W., Tyack, P.L. 2007. Responses of cetaceans to anthropogenic noise. Mammal Rev. 37: 81-115.

NRC. 2005. Marine mammal populations and ocean noise: determining when noise causes biologically significant effects. The National Academies Press, Washington, D.C. 126 p.

Ouellet, P., Dodson, J.J. 1985a. Tidal exchange of anadromous rainbow smelt (*Osmerus mordax*) larvae between a shallow spawning tributary and the St. Lawrence Estuary. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1352-1358.

Ouellet, P., Dodson, J.J. 1985b. Dispersion and retention of anadromous rainbow smelt (*Osmerus mordax*) larvae in the middle estuary of the St. Lawrence River. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 332-341.

Parent, S. and P. Brunel. 1976. Aires et périodes de fraye du capelan (*Mallotus villosus*) dans l'estuaire et le golfe du St-Laurent. Travaux sur les Pêcheries du Québec, no. 45: 46 p.

PESCA Environnement. 2006. Inventaire de mammifères marins dans le secteur de Gros-Cacouna. Préparé dans le cadre du projet d'Énergie Cacouna. N/réf. : 05152-1430. 29 p.

Pippard, L. 1985. Patterns of movements of the St. Lawrence white whales. Canadian Wildlife Service and Parks Canada, Quebec. 500 p., Deux volumes.

Pirotta, E., Milor, R., Quick, N., Moretti, D., Di Marzio, N., Tyack, P., Boyd, I., Hastie, G. 2012. Vessel noise affects beaked whale behavior: results of a dedicated acoustic response study. PLoS ONE 7: e42535.

Pirotta, E., Laesser, B.E., Hardaker, A., Riddoch, N., Marcoux, M., Lusseau, D. 2013. Dredging displaces bottlenose dolphins from an urbanised foraging patch. Mar. Poll. Bull. 74: 396-402.

Pirotta, E., Merchant, N.D., Thompson, P.M., Barton, T.R., Lusseau, D. 2015. Quantifying the effect of boat disturbance on bottlenose dolphin foraging activity. Biol. Conserv. 181: 82-89.

Plourde, S., Galbraith, P., Lesage, V., Grégoire, F., Bourdage, H., Gosselin, J.-F., McQuinn, I., Scarratt, M. 2014. Ecosystem perspective on changes and anomalies in the Gulf of St. Lawrence: a context in support of the management of the St. Lawrence beluga whale population. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/129. v + 29 p.

Reine, K.J., Clarke, D., Dickerson, C. 2014. Characterization of underwater sounds produced by hydraulic and mechanical dredging operations. J. Acoust. Soc. Am. 135: 3280-3294.

Richardson, W.J., Greene, C.R., Malme, C.I., Thomson, D.H. 1995. Marine mammals and noise. Academic press, Toronto. 576 p.

Robinson, S., Theobald, P.D., Hayman, G., Wang, L.S., Lepper, P.A., Humphrey, V. 2011. Measurement of underwater noise arising from marine aggregate dredging operations. Final Report. MEPF Ref No: MEP F 09/P108.

Rolland, R.M., Parks, S.E., Hunt, K.E., Castellote, M., Corkeron, P.J., Nowacek, D.P., Wasser, S.K., Kraus, S.D. 2012. Evidence that ship noise increases stress in right whales. Proc. Royal Soc. Lond. B: Biol. Sci. 279: 2363-2368.

Roy, N., Simard, Y. 2015. Bruit ambiant et fréquentation de la région de Cacouna par le béluga du Saint-Laurent à l'été 2014 par monitorage acoustique continu. Rapp. tech. can. sci. halieut. aquat. 3141: vi + 22 p.

Sergeant, D.E., Brodie, P.F. 1969. Body size in white whales, *Delphinapterus leucas*. J. Fish. Res. Brd Can. 26: 2561-2580.

Société Duvetnor Ltée. 2001. Caractérisation du comportement alimentaire chez le béluga du Saint-Laurent. Rapport présenté au Fonds de rétablissement des espèces en péril, Fonds mondial de la nature. 29 p. + annexes.

Simard, Y., Lavoie, D., Saucier, F.J. 2002. Channel head dynamics: Capelin (*Mallotus villosus*) aggregation in the tidally-driven upwelling system of the Saguenay – St. Lawrence Marine Park's whale feeding ground. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 59: 197-210.

Simard,Y., Roy, N., Giard, S., Gervaise, C., Conversano, M., Ménard, N. 2010. Estimating whale density from their whistling activity: example with St. Lawrence beluga. Appl. Acoust. 71: 1081-1086.

Simard, Y., Loseto, L., Gautier, S., Roy, N. 2014. Monitoring beluga habitat use and underwater noise levels in the Mackenzie Estuary: Application of passive acoustics in summers 2011 and 2012. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 3068: vi + 49 p.

Sjare, B., Smith, T.J. 1986. The vocal repertoire of white whales, *Delphinapterus leucas*, summering in Cunningham Inlet, Northwest Territories. Can. J. Zool. 64: 2075-2080.

Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr, C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W.J., Thomas, J.A., Tyack, P.L. 2007. Marine Mammal Noise Exposure Criteria. Aquat. Mamm. 33: 411-521.

Todd, V.L.G., Todd, I.B., Gardiner, J.C., Morrin, E.C.N., MacPherson, N.A., Di Marzio, N.A. Thomsen, F. 2015. A review of impacts of marine dredging activities on marine mammals. ICES J. Mar. Sci. 72: 328-340.

Vachon, É., Grenier, W.G., Poulin, D. 2001. Rapport d'activité des saisons 1999 et 2000. Réseau d'observation de mammifères marins du Bas-Saint-Laurent (ROMMBSL). Corporation P.A.R.C. Bas-Saint-Laurent, Rivière-du-Loup, QC. 194 p.

Vladykov, V.D. 1944. Études sur les mammifères aquatiques. III. Chasse, biologie et valeur économique du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve et du golfe Saint-Laurent. Département des Pêcheries, Québec, QC.

Vladykov, V.D. 1946. Études sur les mammifères aquatiques. IV. Nourriture du marsouin blanc ou béluga (*Delphinapterus leucas*) du fleuve Saint-Laurent. Département des Pêcheries, Québec, QC.

Wright, A.J., Aguilar Soto, N., Baldwin, A.L., Bateson, M., Beale, C.M., Clark, C., Deak, T., Edwards, E.F., Fernández, A. Godinho, A., Hatch, L., Kakuschke, A., Lusseau, D., Martineau, D., Romero, L.M., Weilgart, L., Wintle, B., Notarbartolo Di Sciara, G., Martin, V. 2007. Do marine mammals experience stress related to anthropogenic noise? Int. J. comp. Psychol. 20: 274-316.

Le présent rapport est disponible auprès du :

Centre des avis scientifiques (CAS)
Région du Québec
Pêches et Océans Canada
Institut Maurice-Lamontagne
C.P. 1000
Mont-Joli (Québec)
Canada G5H 3Z4

Téléphone : (418) 775-0825
Courriel : bras@dfo-mpo.gc.ca
Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-3815
© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2016

La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2016. Effets des activités de dragage sur le béluga du Saint-Laurent et son habitat. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Rép. des Sci. 2016/033.

Also available in English:

DFO. 2016. Effects of dredging activities on St. Lawrence beluga and their habitat. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Resp. 2016/033.